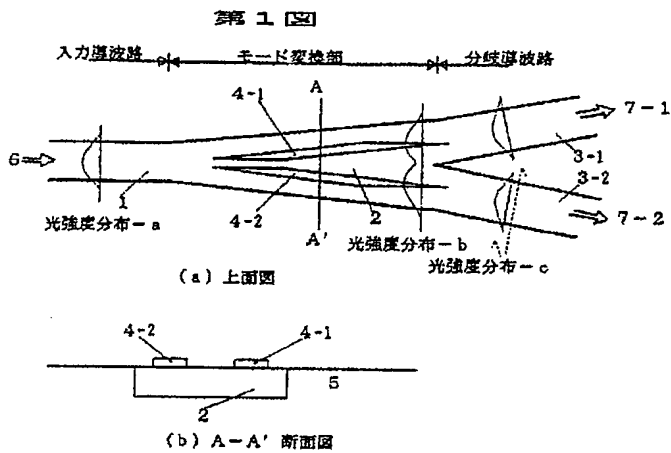


JP2-126205AのFig. 1 & 3中の説明の翻訳

[Fig. 1]
 入力導波路 input waveguide
 モード変換部 mode conversion part
 分岐導波路 branch waveguide
 光強度分布-a light intensity distribution - a
 光強度分布-b light intensity distribution - b
 光強度分布-c light intensity distribution - c
 上面図 top view
 断面図 shown in section A-A'

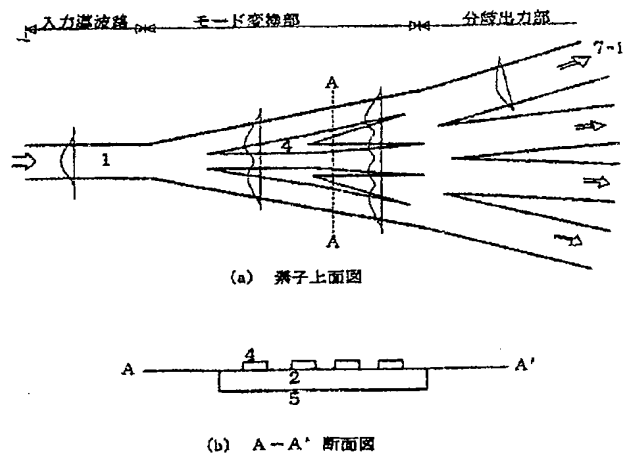
[Fig. 3]
 入力導波路 input waveguide
 モード変換部 mode conversion part
 分岐出力部 branch waveguide
 素子上面図 top view
 断面図 shown in section A-A'

[Fig. 1]



[Fig. 3]

第 3 図



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-126205

(43)Date of publication of application : 15.05.1990

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/14

(21)Application number : 63-279236

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 07.11.1988

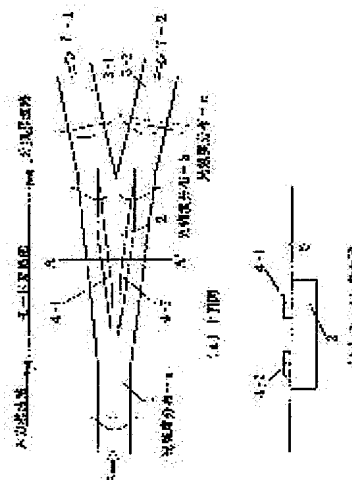
(72)Inventor : SATO HIROHISA
IMOTO KATSUYUKI

(54) OPTICAL BRANCHING CIRCUIT

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce light scattering and to improve branch ratio setting accuracy by providing a mode conversion part between an input waveguide and a branch waveguide.

CONSTITUTION: The mode conversion part 2 is provided between the input waveguide 1 and an output waveguide 3. The mode conversion part 2 has additional patterns 4-1 and 4-2 formed of a material having a refractive index nearly equal to that of the waveguide 1 on the waveguide, but the parts where the patterns are present increase in refractive index equivalently and light is converged. The mode pattern, therefore, becomes a right-left symmetrical bimodal type like a light intensity distribution (b). Further, the light intensity distribution (c) of the branch waveguide has a maximum point in the center of each waveguide and conforms with the bimodal type distribution (b), and light is distributed efficiently, thereby reducing the scattering loss. Further, the light intensity at a branch point decreases, so the accuracy of branch ratio setting is improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A)

平2-126205

⑥ Int. Cl.⁵G 02 B 6/12
6/14

識別記号

D

庁内整理番号

7036-2H
7036-2H

⑬ 公開 平成2年(1990)5月15日

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光分岐回路

⑯ 特 願 昭63-279236

⑰ 出 願 昭63(1988)11月7日

⑱ 発 明 者 佐 藤 博 久 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 井 本 克 之 茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立電線株式会社電線研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑲ 出 願 人 日立電線株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光分岐回路

2. 特許請求の範囲

1. 入力導波路と分岐導波路の間にモード変換部を設けたことを特徴とする光分岐回路。
2. 上記モード変換部をテーパ導波路上にクラッド部よりも屈折率が高い材料からなる複数の薄膜パターンを形成したことにより構成したことを特徴とする請求項第1項記載の光分岐回路。
3. 上記モード変換部を、テーパ導波路に部分的に屈折率を変化させるドーパントを拡散させる、もしくはイオンを交換させて形成することにより構成したことを特徴とする請求項第1項記載の光分岐回路。
4. 請求項第1、2及び3項のいずれかに記載の光分岐回路の複数個を直列に接続したことにより構成されることを特徴とする光分岐回路。
5. 請求項第1乃至第4項記載の光分岐回路の各分岐出力間を、それぞれ異なる長さの光導波路

に接続し、該光導波路出力を光合流回路もしくは3dBハイブリッドにより合流することにより構成される光合分波器。

6. 請求項第5項記載の光合分波器を直列に複数個接続したことにより構成される光分岐回路。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は通信用光素子に係り、特に低損失な光分岐回路に関する。

〔従来の技術〕

従来の単一モード光分岐回路は、「西原、春名、植原、"光集積回路"、オーム社、1985」の第9、3節に記載のように、分岐導波路型と方向性結合器型とに大きく分けられる。前者は、分岐比の波長依存性が小さく、使用波長帯域が広いという利点があるが、分岐部での散乱による損失がさけられないという問題点を持っている。これに対し、後者は損失は小さいが、使用波長帯域が数十nmと小さく、また結合部の僅かな寸法変動によって分岐比が変化してしまうという欠点を持っている。

光分岐回路を応用してマッハツエンダ型光合分波器（もしくは光スイッチ）を構成する場合、低損失性及び分岐比精度の両者が必要となるため、現状の光分岐器では十分な性能を発揮することが難しい。

また、両者とも基本的に2分岐回路しか構成出来ないで、 $1 \times N$ ($N > 2$) の分配器を構成するためには多段接続する必要があるが、分岐導波路型では挿入損失が、また方向性結合器型では素子長及び分岐比のバラツキがそれぞれ問題となり、実現が困難である。

【発明が解決しようとする課題】

低損失で使用波長帯域の広い光分配器を必要とする分野は広い。この為には、光分岐回路の低損失化もしくは方向性結合器の広帯域化が必要であるが、後者は本質的に困難である。そこで光分岐回路の低損失化を目的として検討を行った。まず、光分岐回路の損失発生のメカニズムについての検討結果を以下に述べる。

第2図に示す従来型の光分岐回路構成を用いて

また、1段で3以上の分岐数を実現できる回路を構成することも目的の一つである。

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する為、本発明では入力導波路と出力導波路間にモード変換部を導入した。

モード変換部を光導波路上で構成する方法の一つに、テーパ導波路上にクラッド部よりも屈折率が高い材料によって付加パターンを形成する方法がある。また、モード変換部の他の実現方法としてはテーパ導波路に部分的にドーパントを拡散させる、もしくはイオンを交換させて屈折率を変化させることで付加パターンを形成する方法もある。

【作用】

以下、第1図に本発明の基本構成を示し、本発明の作用を説明する。

モードパターン変換機構はテーパ導波路上に付加パターン4-1、4-2を設けることで実現されている。付加パターンは導波路1と同程度の屈折率を持つ物質で形成されている。パターンがある部

散乱の発生原因を説明する。同図(a)は光分岐回路素子上面図、同図(b)はA-A'に沿った断面図である。

入力光6は、テーパ部を通過したのち分岐導波路で2つ分配され、出力光となる。ここで出力光7-1、7-2の大きさは分岐点でのテーパ導波路とそれぞれの出力導波路との導波モードの重なり積分で求められる。しかし図に示した様に、テーパ導波路のモード分布は分岐点(P)に最大強度を持つ形となっているため、出力導波路の導波モードと完全には重なり合わず、どうしても散乱光8を生じてしまう。これが、従来型の光分岐回路の損失発生原因である。また、従来型構成で光多分岐を構成しようとするれば、分岐数-1個の分岐点(P)があらわれるので、それに比例して損失が増加する。

本発明の第1の目的は、分岐導波路型光分配器（以下、簡単に光分岐回路と呼ぶ）の損失原因である光の散乱を低減させ、低損失で使用波長帯域の広い光分配器を構成することにある。

分は等価的に屈折率が高まり、光が集まるため、光強度も大きくなる。付加パターンは図に示した様に左右に対称な形で配置されているため、モードパターンも光強度分布-bの様に左右対称の双峰型となる。分岐導波路は光強度分布-aの様に各導波路中央部に極大点をもつ形をとっており、双峰型の-bの分布とよく一致するため、効率良く光が分配され、散乱損失が小さくなる。また、従来の光分岐回路では分岐点(P)に光強度の極大点があるため、分岐点の僅かなパターンニング誤差が分岐比、損失等に大きな影響を与えていた。これに比べ、本発明の光分岐回路では分岐点(P)の光強度が小さく、パターンニング誤差の特性への影響が小さくなるため、分岐比設定の正確さが向上すると同時に製造プロセスの簡略化が可能になる。

【実施例】

第1図をもとにして本発明の一実施例を説明する。同図において(a)は素子上面図、(b)はA-A'に沿った断面図である。

1は基板5の上に形成された光導波路である。基板および導波路の材料としてはガラス、LiNbO₃等の誘電体、YIG等の磁性体及びそれらの薄膜を積層したSi等の半導体等が考えられる。また導波路の屈折率分布はグレーデッド型、ステップ型など任意のものでもよいので、その製法も拡散、イオン交換およびエッチング等任意の手法が適用可能である。導波路1から入射した光はテーパー状のモード変換領域をへて、3-1、3-2の出力導波路に出射される。4-1、4-2の付加パターンはその屈折率が導波路と同程度になる材料により構成されており、そのパターンに沿った部分の導波路の等価屈折率を高くする働きを持っている。このためパターン下の部分での光強度が高まり、モード変換部の入力部では-aの様に単峰的であった光強度分布は出力部ではパターン下の部分にピークをそれぞれ持つ双峰的な分布に変形される。これにより分岐導波路側での-cの様な光強度分布との整合性が高まり、素子の損失が大幅に減少する。なお、付加パターンを形成したことによる

ど任意の材料をもちいることが可能である。また、膜形成プロセスとしてはCVD(化学気相成長)、蒸着および火炎堆積法などの手法を用いることが挙げられる。この導波路膜上にフォトリソグラフィによりレジストパターン21を形成したのが(b)である。このレジストパターン21を用いて導波路膜をエッチングすることにより、(c)の導波路パターンが形成される。

この導波路パターン上に導波路膜と同程度の屈折率を有する材料により膜を形成し(d)、それを(b)、(c)と同様のプロセスによりパターンニングすることにより、付加パターン4を作製する(e)。最後にCVD(化学気相成長)、蒸着および火炎堆積法などの手法により形成したクラッド5によりこれらを埋め込むことで(f)の形となり、プロセスが完了する。なお、ここではクラッドが完全に導波路を埋め込んだ形のものをしめたが、第1図の様に導波路パターンが部分的もしくは全面的に露出する形のものも、付加パターン形成プロセスはこれと同様である。

損失の増加は両端にテーパー構造(付加パターンの幅を両端部で細くする)をもちいることで十分に小さくできるので問題とはならない。

第3図は、本発明の他の一実施例である。この実施例は4分岐回路を形成した例であり、導波路材料及びその製法等は先の第1図の実施例と同様である。

この実施例の特徴はモード変換部の付加パターンの構造にある。付加パターンが図の様に4本に枝別れしていることにより、モードパターンは入力部の単峰型から双峰型へ、また最終的には4峰型へと滑らかに変化し、4本の分岐導波路に整合性よく接続される。これにより損失が大幅に減少するとともに、出力光強度のバラツキも小さくなる。

第4図は本発明の光分岐回路の作製プロセスの一例である。(a)は基板22上に導波路膜20を形成した段階である。導波路膜の材料としては基板よりも僅かに(0.2~1%程度)屈折率が高いものであればガラス等の誘電体、YIG等の磁性体な

第5図は本発明のさらに別の実施例である。この実施例は第1図の2分岐回路を直列にカスケード接続することにより、多分岐回路を構成したものである。同図(a)は同図(b)、同図(c)の2回路ブロック31の中のパターンであり、第1図の実施例と同じものである。(b)は3個の2分岐回路を2段に接続して4分岐回路を構成したものである。また、(c)は7個の2分岐回路を3段に接続して8分岐回路を構成したものである。本発明の2分岐回路は分岐点での散乱損失が小さいため、このように多段接続しても挿入損失を十分に小さく抑えることが出来る。

第6図は本発明のさらに別の実施例である。この実施例の特長は、付加パターン4-1、2を第1図の様な薄膜パターンではなく、導波路内の屈折率分布の変化により構成していることにある。この様な屈折率分布に形成法としては、例えばLiNbO₃基板へのTi拡散やプロトン交換に代表される手法がある。付加パターンの果たす役割は第1図の実施例の場合と同様である。

第7図は、第6図の実施例を実現するプロセスの一例である。基板材料としては、 LiNbO_3 、及びソーダガラス等の誘電体材料が一般的であるが、ここでは一例として LiNbO_3 へのTi拡散を用いる場合について述べる。(a)は基板上にTi膜23を形成した段階である。Tiの厚みは形成する導波路の屈折率に合わせて選ぶ必要がある。また、膜形成プロセスとしては蒸着、スパッタなどの手法が一般的である。この導波路膜上にフォトリソグラフィによりレジストパターン21を形成したのが(b)である。このレジストパターンを用いてTi膜をエッチングすることにより、(c)パターンが形成される。なお、この様にエッチングによってパターンを形成する手法の他に、先にレジストパターンを形成した上にTi膜を形成し、その後レジストパターンを除去することでTiパターンをつくるリフトオフの手法も有効である。

この基板を数百度に加熱し、Tiを基板中に拡散させて、(d)の導波路パターンを作製する。その上に(a)～(c)と同様のプロセスにより

Tiパターン24をパターンニングし(e)、これを再度熱拡散することで(f)の付加パターン付きの導波路が作製される。

第8図は、本発明の光分岐回路を応用した光合分波器の構成例である。(a)は光波長フィルタの構成例である。初段の光分岐回路32-1により等分された光信号35-1、2は光路長の異なる光導波路33-1、-2をそれぞれ通り、後段の光分岐回路32-2によって合流される。分岐導波路は、合流回路として用いた場合、2個の分岐導波路から同相で入射した光成分だけが出力として表れ、逆相で入射した光成分は放射されてしまうという特長を持つ。このため、光路長の差 ΔL が以下の関係式

$$n \times \Delta L = \lambda \times N \quad \dots\dots (1)$$

(ここで、 n —屈折率、 N —任意の整数)を満たす波長(同相で入射する波長 λ_1)のみが出力37となり、その他の成分 λ_2 は放射光36となる。これにより、特定の波長のみを選別する光波長フィルタが実現される。

なお、この構成においては光分岐回路の分岐比

のバラツキはそのまま波長間のアイソレーション劣化につながる。また、損失の大きな光分岐回路を用いると32-1から放射した光が32-2の光分岐回路に入射するという問題が生じ、これも波長間アイソレーション劣化を生じさせる。このため、分岐比が正確で、かつ損失の小さな光分岐回路を用いることは波長フィルタの特性を向上させる上で重要であり、この意味で本発明の光分岐回路を用いる効果は大きい。

(b)は本発明の光分岐回路を用いた光合分波器の構成例である。構成は基本的には(a)の光波長フィルタと同じであるが、唯一の相違点は合流回路に2入力、2出力の3dBハイブリッドを用いている点にある。3dBハイブリッドも光分岐回路と同じく、入射光の位相に応じて光の出力端が変わるという特性を持っている。この為、入力光34を等分した光35-1、35-2のうち(1)式を満たす波長の光は37-1に、また満たさない光は、37-2に分離して出力される。

(c)は、(b)の光合分波器を多段に接続すること

で、多波長の光合分波器を構成した例である。(b)の光合分波器の波長特性は周期的な曲線となる。そこで初段の光合分波器の通過域波長の間隔を $2\Delta\lambda$ ($\Delta\lambda$ =波長多重信号の波長間隔)として、入力光 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ を $\lambda_{1,1}, \dots, \lambda_{1,7}$ と $\lambda_{2,1}, \dots, \lambda_{2,7}$ の2グループに分離し、これらを通過域波長の間隔が $4\Delta\lambda$ の次段および $8\Delta\lambda$ の最終段で個別波長に分離する。同様の構成は8波以上の信号を分離する場合も使用出来る。

【発明の効果】

光分岐回路における散乱損失の低減及び分岐比設定精度の向上を図るために、入力導波路と分岐導波路の間にモード変換部を新たに設けた。これにより、両者の導波路間の整合性を高くすることが可能となり、上記目的が達成された。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例であり、(a)はその素子上面図、(b)はA-A'断面図である。

第2図は従来の光分岐回路であり、(a)はその素子上面図、(b)はA-A'断面図である。第

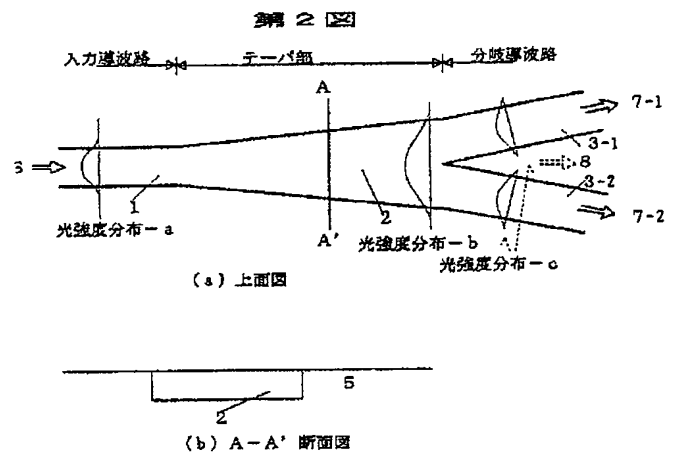
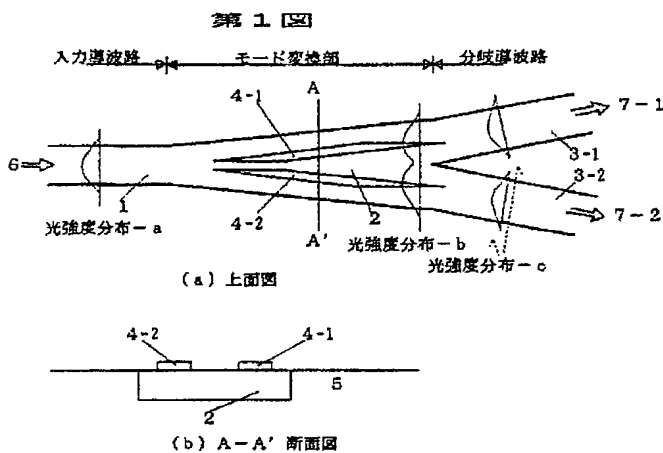
3図は本発明の別の実施例であり、(a)はその素子上面図、(b)はA-A'断面図である。第4図は本発明の光分岐回路の作製プロセスの一例を示す断面図である。第5図は本発明の別の実施例であり、(a)は2分岐ブロックのパターン、(b)は4分岐回路の構成例を示すブロック図、(c)は8分岐回路の構成例を示すブロック図である。第6図は本発明の別の実施例であり、(a)はその素子上面図、(b)はA-A'断面図である。第7図は本発明の光分岐回路の作製プロセスの一例示す断面図である。第8図は本発明の光合分波器の応用例であり、(a)は光波長フィルタの平面図、(b)は2波長光合分波器の平面図、(c)は8波長光合分波器のブロック図である。

符号の説明

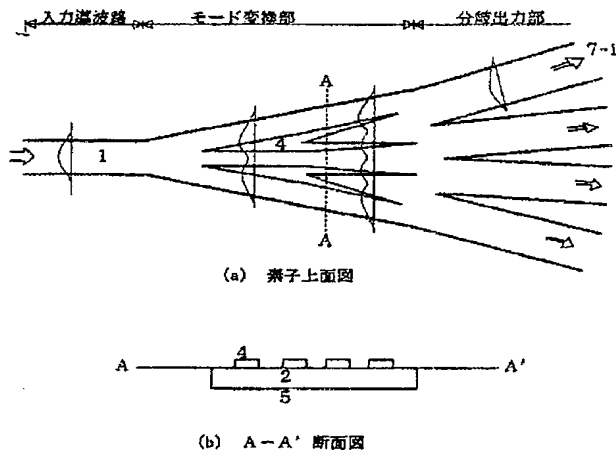
1…入力導波路、2…モード変換部、3…分岐導波路、4…付加パターン、5…クラッド、6…入力光、7…分岐出力光、8…散乱光、20…導波路膜、21…レジストパターン、22…基板、23,24

…T1パターン、31…分岐回路ブロック、32…光分岐回路、33…光導波路、34…入力光(波長多重光)、35…分岐出力光、36…放射光、37…出力光、38…3dBハイブリッド、39…光合分波ブロック

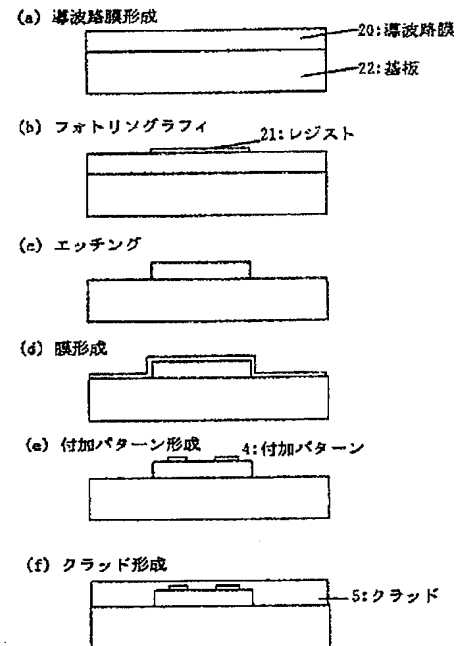
代理人 井理士 小川 勝男



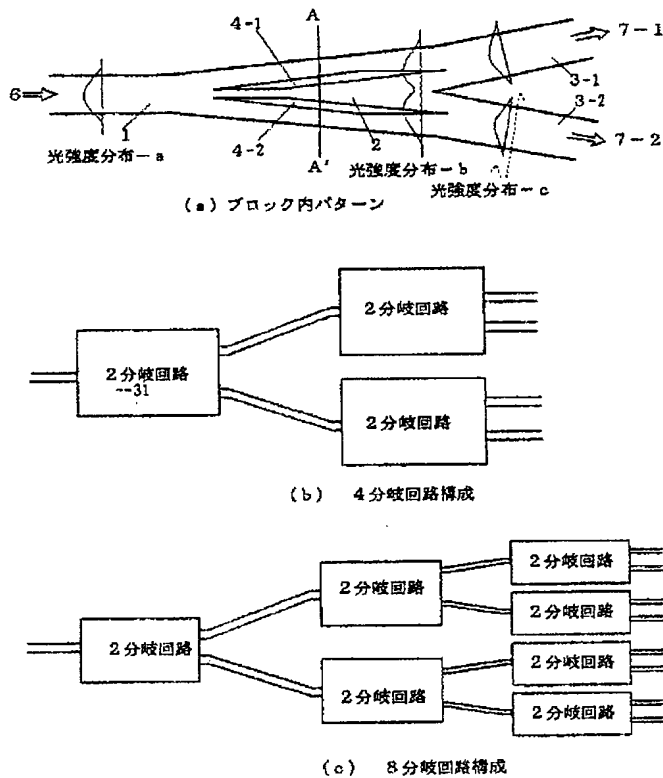
第3図



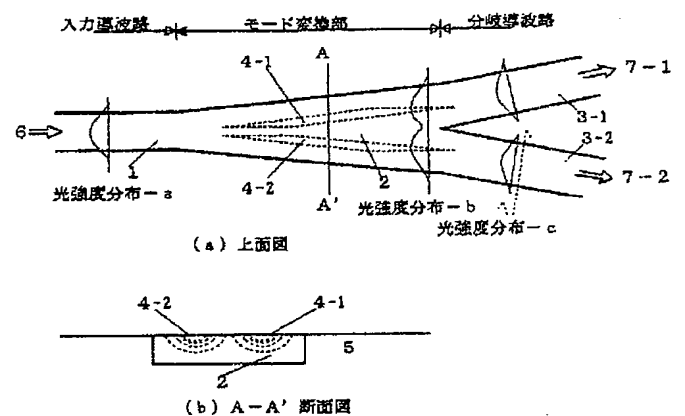
第4図



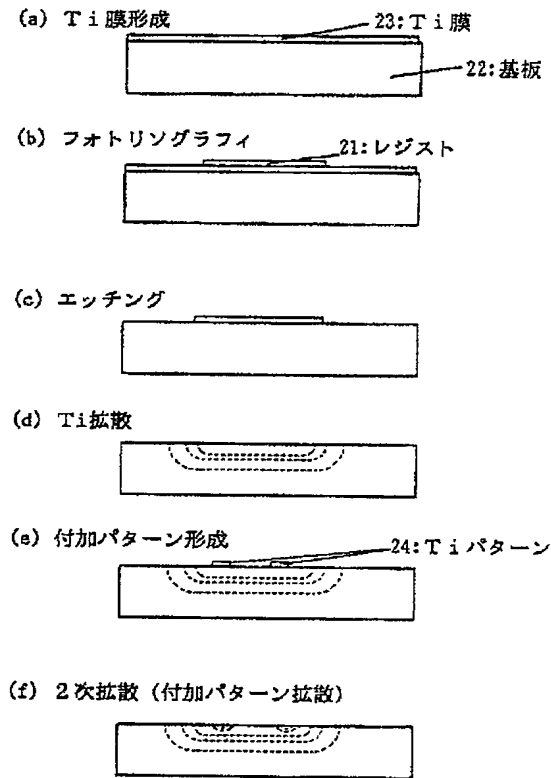
第5図



第6図



第 7 図



第 8 図

